Über die Verbreitung und physiologische Bedeutung des Lecithins in der Pflanze

von

Dr. **Julius Stoklasa.**

Aus dem chemisch-analytischen Laboratorium der k. k. böhmischen technischen Hochschule zu Prag.[1]

(Vorgelegt in der Sitzung am 2. Juli 1896.)

Zu den wichtigsten und bedeutsamsten Vitalprocessen im Pflanzenorganismus gehört die Assimilation der Phosphorsäure und ihre combinirte Metamorphose im Chemismus der Zelle.

Auf Grund eigener Wahrnehmungen gelangte ich zu der Anschauung, dass die Phosphorsäure in den Pflanzen hauptsächlich in organischen Formen auftritt. Und zu diesen organischen Verbindungen, welche Phosphorsäure enthalten, gehört in erster Reihe neben Nucleinen und Nucleoalbuminen das Lecithin.

Aus diesen, auf längeren Beobachtungen basirenden Studien, die ich der Öffentlichkeit hiemit übergebe, ist zu ersehen, dass dem Lecithin im Assimilations- und Dissimilationsprocesse eine wichtige Rolle zugedacht ist.

I.

Die Verbreitung des Lecithins in den Pflanzen.

Zur richtigen Erkenntniss des sich vollziehenden Stoffwechsels und des hieran betheiligten Lecithins erscheint unumgänglich die Kenntniss seiner Verbreitung in den verschiedenen Pflanzenorganen erforderlich. Die betreffs sämmtlicher Hauptbestandtheile der Pflanze gewonnenen analytischen Daten

---

[1] Unter Mitwirkung von chem. stud. Herrn Emil Butta, Fr. Hanuš und Fr. Uher.

geben Anhaltspunkte über die bisher ungekannte physiologische Bedeutung, welche dem Lecithin im Organismus der Pflanze zukommt.

Gang der Analyse.

Die Versuchspflanzen wurden in Böhmen, und zwar theils in Poboř, theils in Rusin und Königliche Weinberge cultivirt, die Keimpflänzchen im Laboratorium der böhmischen technischen Hochschule aus Sandculturen gewonnen.

Das Versuchsmateriale wurde sorgfältigst in eine feine Form gebracht, bei 50° C. getrocknet und das Lecithin sodann in folgender Weise bestimmt:

Eine abgewogene Menge von 10—18 *g* wurde in (zuvor mit Äther extrahirten)[1] Schill'sche Papierhülsen gebracht und bis 40 Stunden lang mit wasserfreiem Äther extrahirt. Besonders die Blätter hatten mitunter eine bis 60 Stunden währende Extraction nothwendig. Die Trockensubstanz wurde sodann in einen 2 *l* fassenden Erlenmeyer'schen Kolben mit Rückflusskühler gebracht und auf dem Wasserbade mit absolutem Alkohol immer wenigstens 40 Minuten lang extrahirt. — Das Extract wurde filtrirt und die Substanz mit dem Filter neuerdings 40 Minuten lang in absolutem Alkohol gekocht. Diese Procedur erfuhr eine 5—7malige Wiederholung. Die klaren Extracte wurden auf einer Platinschale bis zum Trockenwerden eingedampft und nach Zusatz von Na_2CO_3 und $NaNO_3$ verbrannt. — Die verkohlte Substanz wurde in ein Gefäss geschüttet und in mit HNO_3 gesäuertem Wasser gekocht. Im reinen Filtrat erfolgte die Bestimmung von P_2O_5 mittelst der Molybdän-Methode, die Berechnung des Lecithins aus dem abgewogenen $Mg_2P_2O_7$ nach der Methode Hoppe—Seyler's, Schulze's und seiner Schüler, die Bestimmung von Gesammt-P_2O_5 in der sonst üblichen Weise.

Schreiten wir vorerst zur Untersuchung der Vegetation von der Keimperiode bis zur vollständigen Entwicklung und verfolgen wir die Verwandlungen, welche mit dem Lecithin im Stoffwechsel vor sich gehen.

---

[1] Auch die zum Verstopfen dienende Baumwolle wurde mit absolutem Äther extrahirt.

A. Beta vulgaris.

Sorgfältig ausgeschälte Samenkörner wiegen durchschnittlich:

100 Stück . . . . 0·392 *g*
P_2O_5 in der Trockensubstanz . . . . 1·43%
Lecithin . . . . 0·45%
100 Samenkörner bargen sonach . . . . 0·0056 *g* P_2O_5.

Im Samen sind an Gesammt-Phosphorsäure 2·72% P_2O_5 in Form von Lecithin enthalten.

Erste Periode. Keimlinge nach fünftägiger Entwicklung aus nährstofflosen Sandculturen:

100 Pflänzchen wogen in der Trockensubstanz . . . . . . 0·175 *g*
Lecithin . . . . 5·22%
Gesammt-P_2O_5 . . . . 2·93%

100 Keimlinge enthalten in der Trockensubstanz:

P_2O_5 . . . . 0·0051 *g*
Lecithin . . . . 0·0091 *g*.

Der ganze Keimling enthält sonach von Gesammt-Phosphorsäure 16% P_2O_5 in Form von Lecithin.

Zweite Periode. 30 Tage alte Keimpflänzchen aus Sandculturen bei Vorhandensein sämmtlicher Nährstoffe:

Die Blätter und Blattstiele von 100 Pflänzchen wogen
in der Trockensubstanz . . . . 8·80 *g*
die Wurzeln . . . . 1·49 *g*.

In der Trockensubstanz enthalten die Blätter und Blattstiele:

Gesammt-P_2O_5 . . . . 1·43%
Lecithin . . . . 1·46%,

die Wurzeln:

Gesammt-P_2O_5 . . . . 1·49%
Lecithin . . . . 0·782%

Es enthalten somit die Blätter und Blattstiele:

P_2O_5 . . . . 0·125 *g*
Lecithin . . . . 0·128 *g*,

die Wurzeln:

P_2O_5 . . . . 0·022 *g*
Lecithin . . . . 0·011 *g*.

Die Blätter und Blattstiele bargen an Gesammt-Phosphorsäure in Form von Lecithin 9%,
die Wurzeln . . . . 4·6%.

Es enthalten somit die Blätter zweimal so viel Phosphorsäure in Form von Lecithin, als die Wurzeln.

Dritte Periode. Rübe nach 60 Vegetationstagen.

Die Pflanzen gediehen auf dem Felde bei Einwirkung von N, K_2O und P_2O_5, und zwar pro Ar durchschnittlich:

0·5 *kg* P_2O_5,
0·35 N,
0·50 K_2O.

Pro Pflanze betrug das Durchschnittsgewicht:

der Blätter und Blattstiele . . . . 225·4 *g*
der Wurzel . . . . 98·3 *g*.

Das Gewicht der Blätter und Blattstiele in der Trockensubstanz betrug . . . . 28·30 *g*
das Gewicht der Wurzel in der Trockensubstanz betrug 8·20 *g*.

In der Trockensubstanz enthielten die Blätter und Blattstiele:

Lecithin . . . . 0·94%
Gesammt-P_2O_5 . . . . 1·32%,

die Wurzel:

Lecithin . . . . 0·44%
Gesammt-P_2O_5 . . . . 1·16%.

Eine Pflanze enthielt, und zwar die Blätter und Blattstiele:

P_2O_5 . . . . 0·373 *g*
Lecithin . . . . 0·266 *g*,

die Wurzel:

P_2O_5	0·0951 *g*
Lecithin	0·036 *g*.

Durch physiologische Processe wurden 6·3% der Gesammt-Phosphorsäure in den Blättern und Blattstielen in Lecithin verwandelt.

Vierte Periode. Rübe nach 110 Vegetationstagen von Parcellen bei Vorhandensein sämmtlicher Pflanzennährstoffe.

Durchschnittsgewicht einer Pflanze:

Reine Blattsubstanz	166·4 *g*
Nervatur und Blattstiele	220·8 *g*
Wurzel	616·2 *g*.

Gewicht der Trockensubstanz:

Reine Blattsubstanz	26·2 *g*
Nervatur und Blattstiele	21·3 *g*
Wurzel	115·4 *g*.

Die Trockensubstanz enthielt, und zwar die Blattsubstanz:

Gesammt-P_2O_5	0·82%
Lecithin	1·02%,

die Nervatur und die Blattstiele:

Gesammt-P_2O_5	0·68%
Lecithin	0·77%,

die Wurzel:

Gesammt-P_2O_5	0·62%
Lecithin	0·36%.

In der reinen Blattsubstanz sind 10·9% der Gesammtphosphorsäure in Form von Lecithin verwandelt.

In der Wurzel wurden bloss 5% Phosphorsäure in Form von Lecithin — im Vergleiche zur Blattsubstanz daher die Hälfte — vorgefunden.

Die Cultur der Zuckerrübe im Sande bei Abgang von P_2O_5.

Der Sand wurde in einer Mischung von Salpeter- und Salzsäure gründlich ausgekocht und hierauf mit Wasser durchgewaschen.

Er enthielt keine Spur von nachweisbarer Phosphorsäure.

Die Nährstofflösung war gleichfalls frei von nachweisbaren Phosphaten und enthielt in 1000 *cm*³:

KNO_3	0·25 *g*	
$CaSO_4$	0·25	
$MgSO_4$	0·24	
$Ca(NO_3)_2$	0·25	
KCl	0·25	
$NaCl$	0·1	
Eisensilicat	0·25	(beigemischt)
$FeSO_4$	0·03	

Entwickelte Knäulchen wurden am 20. Mai gepflanzt, und die Pflanzen zeigten schon im ersten Entwicklungsstadium verkümmerten Wuchs und grüngelbe Färbung der Blätter, welche im Monate Juli in vollständiges Gelb überging. Im Juli gingen die meisten Pflanzen ein, bei einem Durchschnittsgewichte pro Pflanze in der Trockensubstanz:

Gewicht der Blätter und Blattstiele . . . . 0·062 *g*
Gewicht der Wurzel . . . . 0·031 *g*.

Die Trockensubstanz barg, und zwar die Blätter und Blattstiele:

Gesammt-P_2O_5 . . . . 0·33%
Lecithin . . . . 0·45%,

die Wurzeln:[1]

Gesammt-P_2O_5 . . . . 0·26%
Lecithin . . . . 0·102%.

[1] Die geringen Verluste an feinen Würzelchen, welche bei der gewissenhaftesten Operation unvermeidlich sind, fallen nicht in die Wagschale.

So bieten uns bei 100 Pflanzen:

die Blätter und Blattstiele . . . . $0 \cdot 02\, g\ P_2O_5$
die Wurzeln . . . . $0 \cdot 0078\, g\ P_2O_5$
im Ganzen daher . . . . $0 \cdot 0278\, g$ Gesammt-P_2O_5.

100 Samen enthalten $0 \cdot 0056\, g\ P_2O_5$, es befanden sich somit nur $0 \cdot 0022\, g\ P_2O_5$ in den Nährstofflösungen, welche durch die sehr entwickelte eklektive Thätigkeit der Pflanzen für die nöthigen Vitalprocesse assimilirt wurden. Der Versuch kann daher als entschieden gelungen bezeichnet werden.

In den Blättern und Blattstielen wurden $11 \cdot 8\%$ der Gesammt-Phosphorsäure in Form von Lecithin vorgefunden, daher dasselbe Verhältniss wie bei Pflanzen normaler Vegetation.

Die Elimination der Phosphorsäure aus dem Nährstoffmedium war zwar von einem vollständigen Nichterfolge in der Schaffung lebendiger Pflanzensubstanz begleitet, allein behufs nothwendiger Neubildung von Molekülen wurden, soweit das geringe Phosphorsäurequantum aus dem Samen eben hinreichte, dennoch wie bei normalen Pflanzen circa 10% P_2O_5 in Form von Lecithin verwandelt. Es wurde daher im Vitalprocesse selbst diese geringe Menge von Phosphorsäure — ebenso wie bei Überfluss an Nährstoffen — zur Assimilationsthätigkeit verwendet.

Untersuchung der Pflanzen zu Ende der Vegetationsthätigkeit.

Die äussersten Blätter werden bei anhaltender Dürre häufig gelb, während die innere Gruppe derselben grün bleibt.

Ich sammelte im Jahre 1895 Anfang August (am 8. August 1895 um 2 Uhr Nachmittags) gelbliche Blätter normaler Vegetation und bestimmte in den grünen, wie auch in den chlorophyllosen gelben Blättern desselben Individuums das Lecithin. Es enthielt die Trockensubstanz, und zwar:

die grünen Blätter mit Chlorophyll . . . . $0 \cdot 89\%$ Lecithin,
die gelben Blätter mit Xanthophyll . . . . $0 \cdot 15\%$ Lecithin.

Die grünen Blätter zeigten bei mikroskopischer Untersuchung entwickelte Pallisadzellen und sehr zahlreiche Chlorophyllkörner.

Das Äther-, wie auch das Alkoholextract waren intensiv grün.

Die mikroskopische Untersuchung der gelben Blätter zeigte, dass die Chlorophyllkörner aus dem Mesophyll thatsächlich verschwunden waren, denn die Pallisadzellen enthielten Chlorophyllkörner nur in sehr geringer Menge. Das Äther- und Alkoholextract färbte sich von dem aufgelösten Xanthophyll prächtig goldgelb.

Aus dieser Untersuchung geht hervor, dass mit der Zersetzung des Chlorophylls sich auch das Lecithin zersetzte und — im Vergleiche zu den grünen Blättern mit voller Chlorophyllthätigkeit — dessen Quantum wesentlich abnahm.

Blätter der rothen Zuckerrübe.

Es interessirte mich zu erfahren, welche Lecithinmenge jene Rübenblätter enthalten, welche den Eindruck röthlicher Färbung machten. Wie bekannt sind hier im Mesophyll die Chlorophyllkörner der Pallisadzellen durch Zellen verdeckt, welche eine grosse Menge Anthokyanfarbstoff enthalten.

Die an demselben Tage (8. August 1895, 2 Uhr Nachmittags) dem gleichen Felde (wie die grünen, zur Analyse bestimmten) entnommenen Blätter wiesen in der Trockensubstanz der reinen Blattsubstanz 0·4% Lecithin auf.

Eine interessante Erscheinung boten das Äther- und Alkoholextract.

Das Ätherextract färbte sich smaragdgrün, während das Alkoholextract olivengrüne Färbung annahm. Das Vorhandensein von Anthokyan in dem Zellsafte beeinflusste daher sichtlich die Lecithinbildung in den Blättern der rothen (Salat-) Rübe. Bemerkt sei noch, dass die Vegetationsdauer sowohl der gewöhnlichen, als auch der rothen (Salat-) Rübe die gleiche war.

Albinismus der Blätter von Beta vulgaris.

Nicht selten sind die Blätter der *Beta vulgaris* entweder zur Hälfte mit weissen Flecken besäet oder ganz weiss, oder sie haben einen schwach grünlichen Anflug. Die mikroskopische Untersuchung derselben zeigt, dass die Chlorophyllkörner entweder gar nicht, oder nur in sehr geringer Menge in den

Pallisadzellen des Mesophylls vertreten sind. Die Ursachen dieser interessanten pathologischen Erscheinung sind uns allerdings nicht bekannt.

Zimmermann fand in den vom Albinismus betroffenen Blättern sehr wenig entwickelte Leukoplasten. Church hält das Vorhandensein löslicher Oxalsäure für die Ursache dieser Erscheinung und will seine Hypothese damit begründen, dass die albikaten Blätter von *Quercus rubra* weniger Calciumoxyd enthalten, als die gesunden, normalen.

Unsere Beobachtungen ergaben das Resultat, dass die Blätter factisch eine grössere Menge löslicher Oxalate enthielten; ob jedoch die sonst so höchst verderbliche Wirkung der Oxalate auf das Chlorophyllkorn und den Zellkern auch den Albinismus der Blätter bedingt, lässt sich mit absoluter Gewissheit nicht behaupten. Thatsache ist, dass die Assimilationsfähigkeit bei albikaten Blättern äusserst beschränkt, wenn nicht vollends aufgehoben ist.

Die Analyse ergab folgende Daten:

In der Trockensubstanz der reinen Blattsubstanz:

Die vollends grünen Blätter enthielten . . . . 0·95% Lecithin,
die vollends albikaten Blätter enthielten . . . . . 0·22% Lecithin.

Der Unterschied ist so erheblich, dass man unwillkürlich an eine nahe Beziehung zwischen Chlorophyll und Lecithin denkt.

B. Avena sativa.

Hier folgen unsere Beobachtungsresultate hinsichtlich des Hafers *Avena sativa*.

Zu den Vegetationsversuchen wurden womöglich gleichartige Früchte annähernd gleichen Gewichtes gewählt.

100 Früchte wogen . . . . 3·25 *g*.

Die Früchte enthielten in der Trockensubstanz:

Gesammt-P_2O_5 . . . . 0·689%
Lecithin . . . . 0·78%.

100 Früchte bargen somit:

an Gesammt-P_2O_5 . . . . 0·0224 *g*
an Lecithin . . . . 0·0253 *g*.

Es enthält daher die Frucht an Gesammt-P_2O_5 10% in Form von Lecithin.

Gehen wir nun zu den Keimlingen über:

Die Höhe des Halmes betrug . . . . 11·6 *cm*
die Länge der Wurzel betrug . . . . 10·5 *cm*.

100 Keimlinge in der Trockensubstanz wogen 2·81 *g*.
Die Keimlinge enthielten in der Trockensubstanz:

Lecithin . . . . 0·75%
Gesammt-P_2O_5 . . . . 0·673%.

In 100 Keimlingen waren sonach 0·021 *g* Lecithin enthalten.

Das Lecithin hat sich also während des Keimungsprocesses nicht zersetzt.

Das Verhältniss der Phosphorsäure in Form von Lecithin blieb merkwürdigerweise unverändert; 9·8% P_2O_5 der Gesammt-Phosphorsäure haben sich in Lecithin verwandelt.

Ein interessantes Bild über die in den verschiedenen Pflanzenbestandtheilen vorhandene Lecithinmenge bot die Analyse des Hafers zur Zeit seiner Blüthe; hier liess sich bereits constatiren, welche Organe das meiste Lecithin und welche die meiste Phosphorsäure in organischer Form enthalten.

Avena sativa zur Zeit der Blüthe.

Die Hafercultur befand sich in einem Ackerboden von gleichartiger Zusammensetzung, welcher überdies pro Hektar mit 40 *kg* P_2O_5 gedüngt war.

Der Hafer vegetirte vortrefflich und brachte eine gute Ernte.

Die Pflänzchen wurden auf verschiedenen Stellen des Versuchsfeldes vorsichtig dem Boden entnommen, die feinen Würzelchen möglichst intact erhalten und die Wurzeln sauber abgeputzt.

I. Die Wurzel.

Die Trockensubstanz der Wurzeln enthielt:

Lecithin	0·35%
Gesammt-P_2O_5	0·26%.

Berechnen wir nun das Phosphorsäurequantum, welches im Lecithin enthalten ist, so finden wir bei den Wurzeln 8·7% der Gesammt-P_2O_5 in Form von Lecithin vor.

II. Der Halm.

Die Trockensubstanz der Halme enthielt:

Lecithin	0·42%
Gesammt-P_2O_5	0·39%.

9·2% der Gesammt-P_2O_5 finden sich daher in Form von Lecithin vor.

III. Die Blätter.

Die Trockensubstanz der Blätter enthielt:

Lecithin	0·780%
Gesammt-P_2O_5	0·207%.

32·8% der Gesammt-P_2O_5 in den Blättern tritt daher in Form von Lecithin auf.

IV. Die Blüthe.

Die behutsam abgenommenen Blüthen sammt Staubgefässen und Stempel bargen in der Trockensubstanz:

Lecithin	2·38%
Gesammt-P_2O_5	0·63%.

33·1% der Gesammt-P_2O_5 in der Blüthe finden sich daher in Form von Lecithin vor.

Die so gewonnenen Zahlen führen demnach zu der Erkenntniss, dass die Blätter und Blüthen das meiste Lecithin enthalten und dass auch mehr als 30% P_2O_5 der Gesammt-Phosphorsäure in organischer Form, d.h. in Form von Lecithin, vorhanden sind.

Sowie nach der Befruchtung das Korn zu reifen und die Blätter gelb zu werden beginnen, nimmt das in den Halmen und Blättern vorhandene Lecithin — es ergibt sich dies aus den angeführten Beobachtungen[1] — immer mehr an Menge ab und geht in den Samen über, wo es sich theils als Lecithin, theils als Nukleïn- und Nukleoalbumin-Verbindungen und vielleicht auch als Phosphat ablagert.

Dies ergibt sich aus nachstehenden Beobachtungen:

In Sandculturen wurden verschiedene Hafersorten von *Avena sativa* theils nur bis zur Blüthe, theils bis zur vollständigen Reife belassen.

Das Nährstoffmedium wies sämmtliche anorganische Nährsubstanzen auf.

A. Analyse ganzer Pflanzen zur Zeit der Blüthe.

Die Trockensubstanz einer Pflanze wog 26·4 *g*.
Die Trockensubstanz barg:

Gesammt-P_2O_5 .... 0·32%
Lecithin .... 0·66%.

Es enthielt sonach eine Pflanze:

an Gesammt-P_2O_5 .... 0·084 *g*
an Lecithin .... 0·174 *g*.

In der ganzen Pflanze finden sich daher 18·1% P_2O_5 der Gesammt-Phosphorsäure in Form von Lecithin vor.

B. Analyse von Pflanzen aus Wasserculturen bei Vorhandensein von Phosphorsäure nach beendeter Vegetation.

Analyse der ganzen Pflanzen ohne Samen.

Die Trockensubstanz einer Pflanze wog 20·7 *g*.
Die Trockensubstanz barg:

Gesammt-P_2O_5 .... 0·23%
Lecithin .... 0·11%.

---

[1] Siehe die weiter unten folgenden Beobachtungen über die Bedeutung des Lecithins in der Blüthe.

Es enthält sonach eine Pflanze:

an Gesammt-P_2O_5 .... 0·047 *g*
an Lecithin .... 0·022 *g*.

Analyse der Samen.

Aus einer Pflanze wurden durchschnittlich 8·63 *g* Samen erzielt.

Die Trockensubstanz der Samen barg:

Gesammt-P_2O_5 .... 0·64 *g*
Lecithin .... 0·78 *g*.

8·63 *g* Samen enthielten sonach:

an Gesammt-P_2O_5 .... 0·055 *g*
an Lecithin .... 0·067 *g*.

Es fanden sich daher in der ganzen Pflanze nach der Reife:

Gesammt-P_2O_5 .... 0·102 *g*

und

Lecithin .... 0·089 *g*

vor.

Die frappanten Unterschiede zwischen der Menge an Gesammtphosphorsäure und Lecithin zur Zeit der Blüthe und jener nach beendeter Vegetation in der einzelnen Pflanze zeigt uns nachstehende Übersicht:

	Zur Zeit der Blüthe	Nach beendeter Vegetation
Gesammt-P_2O_5	0·084 *g*	0·102 *g*
Lecithin	0·174 *g*	0·089 *g*

Zweifellos hat sich das Lecithin in den einzelnen Pflanzenorganen nach der Befruchtung allmälig zersetzt, wobei der in den Samen sich ablagernde Phosphor (neben den bereits erwähnten Nukleo-Albuminen) andere, uns bisher noch wenig bekannte Formen annahm. — Es spielt daher das Lecithin seine Hauptrolle während des Wuchses, bei der Assimilation und der Befruchtung, während später bei der Fruchtbildung seine Function aufhört und die Hälfte seines ursprünglichen Quantums der Zersetzung anheimfällt.

Die ganze Pflanze und die Früchte enthalten nach beendeter Vegetation nur die Hälfte des zur Zeit der grössten und vollsten Entwicklung vorhandenen Lecithinquantums. Weiters ersehen wir, dass die Pflanze (es versteht sich von selbst, dass nur solche Pflanzen ausgewählt wurden, welche in Entwicklung und Alter möglichst gleichartig waren) von der Blüthezeit angefangen behufs Bildung neuer lebender Moleküle nur 0·018 *g* P_2O_5 dem Nährstoffmedium entnahm.

Es ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass sich das gesammte vor der Blüthe vorhandene Lecithin bereits zersetzt hatte und erst dann, bei weiterer Assimilation von P_2O_5, nach stattgefundener Befruchtung und anlässlich der Samenbildung sich aus dem neu assimilirten Phosphorsäurequantum von 0·018*g* wieder frisches Lecithin in den Samenzellen gebildet hat.

II.

Entstehung des Lecithins in den Pflanzenkeimlingen.

In dem Samen erscheint die Phosphorsäure zumeist in organischer Form vertreten.[1]

Prüfen wir den Samen auf seinen Lecithingehalt, so finden wir, dass das Lecithin in grösserer Menge vorhanden ist, wenn in dem Samen auch grössere Mengen von Eiweissstoffen vertreten sind.

So z. B. enthalten Leguminosensamen bis 2%, Graminaeensamen dagegen höchstens bis 0·8% Lecithin; in ersterem sind 5—7%, in letzterem 2—2·5% Stickstoff vorhanden.

---

[1] A. F. W. Schimper schreibt (Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze, Flora, 1890, S. 222):

»Von einer Aufspeicherung anorganischer Salze in Samen kann kaum die Rede sein, indem die in demselben reichlich vertretenen Phosphate von Kali, Kalk und Magnesia mit organischen Bestandtheilen in lockerer Verbindung stehen. Es ist bekannt, dass phosphorsaures Kali einen Bestandtheil gewisser eiweissartiger Verbindungen des Samens bildet und die Phosphate von Kalk und Magnesia sind, wie Pfeffer zeigte, in den Globoiden mit einer organischen Säure gepaart. Es war mir unmöglich, aus Schnitten trockener oder zuerst 1—2 Tage aufgeweichter Samen die P_2O_5-Reaction mit $MgSO_4$, NH_4Cl und NH_3 zu erhalten; auch die Molybdänreaction blieb ohne Erfolg, so dass die Anwesenheit anorganischer Phosphate ausgeschlossen ist«.

Samen mit grösserem Fettstoffgehalte kennzeichnen sich durch geringere Lecithinmengen, so z. B. *Brassica oleracea*, *Sinapis arvensis*, *Beta vulgaris* u. A.

Die genaue Feststellung dieses Verhältnisses bildet noch Gegenstand weiterer Forschungen, wesshalb ich mich hier auf die blosse Erwähnung der Existenz eines solchen Verhältnisses beschränke. — —

Was geschieht mit dem Lecithin während der Keimungsperiode, in welcher der Pflanzenkeimling nicht in der Lage ist, Kohlensäure zu assimiliren und seine Ernährung den Substanzen des Endosperms oder der Samenlappen verdankt?

Versuche mit *Beta vulgaris*.

Der Same wurde in Sandculturen gepflanzt (der Sand wurde sorgfältig mit Salzsäure und später mit Salpetersäure ausgekocht, hierauf mit destillirtem Wasser durchgewaschen und ausgetrocknet).

Die zu untersuchenden Keimlinge waren 9 Tage alt und hatten noch beide Cotyledonen in der Samenschale verborgen.

Gewicht von 100 Keimlingen in der Trockensubstanz. . 0·228 *g*
Lecithin in der Trockensubstanz. . . . . 1·78%
Gewicht von 100 Samen in der Trockensubstanz. . . . . 0·392 *g*
Lecithin in der Trockensubstanz. . . . . 0·45%.

Aus diesen Versuchen mit *Beta vulgaris* ist zu ersehen dass sich das Lecithin während der Keimung nicht zersetzt.

Diese Ziffern gelten aber für Keimlinge, deren Blätter noch nicht selbständig CO_2 assimilirten, sondern noch von Reservestoffen lebten. Dasselbe konnte ich für die Samen und Keimlinge von *Polygonum fagopyrum* feststellen.

Die aus diesen Samen, welche 2·62% Stickstoff enthielten, hervorgegangenen Keimlinge ergaben nachstehende Werthe:

100 Samen wiegen in der Trockensubstanz . . . . 1·821 *g*
Die Samen enthalten Lecithin. . . . . 0·51%
8 Tage alte Keimlinge ohne Chlorophyll wiegen in der
Trockensubstanz, und zwar 100 Stück . . . . 0·924 *g*
Enthalten Lecithin . . . . 1·03%.

[1] Ohne Samenschale.

Daher wiederum ein Beweis, dass sich das Lecithin nicht zersetzt hat.

Die Versuche E. Schulze's und seiner Schüler ergaben, dass sich das Lecithin während des Keimungsprocesses bei manchen Leguminosen zersetzte. Diesbezüglich sei beispielsweise die *Vicia sativa*[1] angeführt. — Beim Keimen des *Pisum sativum* konnte thatsächlich eine Zersetzung des Lecithins constatirt werden.

10 Tage alte etiolirte Keimlinge von *Beta vulgaris*.

Gewicht von 1000 Keimlingen in der Trockensubstanz . . 2·210 *g*
Darin Lecithin in der Trockensubstanz . . . . 0·84%.

1000 Pflänzchen bergen somit 0·0185 *g* Lecithin.

10 Tage alte Keimlinge, gezogen im Lichte.

Gewicht von 1000 Keimlingen in der Trockensubstanz . . 2·60 *g*
Darin Lecithin in der Trockensubstanz . . . . 1·47%.

1000 Pflänzchen bargen somit 0·0382 *g* Lecithin.

Hieraus ist zu ersehen, dass sich Lecithin, wenn keine Gelegenheit zur Chlorophyllbildung gegeben ist, nicht entwickelt.

Etiolirte Keimlinge von *Pisum sativum*.

Gewicht von 100 Keimlingen in der Trockensubstanz . . . 14·48 *g*
Darin Lecithin in der Trockensubstanz . . . . 0·38%.

100 Keimlinge bergen sonach in der Trockensubstanz 0·055 *g* Lecithin.

Keimlinge, gezogen im Lichte.

Gewicht von 100 Keimlingen in der Trockensubstanz . . . 15·2 *g*
Darin Lecithin in der Trockensubstanz . . . . 0·69%.

100 Keimlinge bergen sonach in der Trockensubstanz 0·104 *g* Lecithin.

---

[1] Die landwirthschaftlichen Versuchsstationen, 1894. Zur Kenntniss der Keimungsvorgänge bei *Vicia sativa*. Von D. Prianišnikov.

Auch dieser Fall war ein Beleg dafür, dass sich im Lichte hier zweimal soviel Lecithin entwickelt, als wie bei etiolirten Keimlingen.

Darüber besteht kein Zweifel, dass sich das Lecithin in den etiolirten Keimlingen zersetzt hat.

Die Zersetzung des Lecithins fand wahrscheinlich unter Ausscheidung von Cholin, Glycerin—Phosphorsäure und der Fettsäuren (Öl-, Palmitin- und Stearinsäure) statt.

III.

Die Entstehung des Lecithins in den Blättern.

Verfolgen wir die Entwicklung der Blätter von ihrem Anbeginn, so finden wir, dass mit derselben auch die Entwicklung des Lecithins zusammenhängt.

Die reinen Laubknospen der Rosskastanie (*Aesculus hippocastanus*) bergen in der Trockensubstanz 0·46% Lecithin,

Die vollständig entwickelten, schön grünen Blätter zur Zeit der Blüthe enthalten in der Trockensubstanz 0·94% Lecithin.

Die gelben Blätter zur Zeit der Fruchtreife enthalten in der Trockensubstanz 0·18% Lecithin.

Es sei hier ausdrücklich bemerkt, dass die Versuchsproben durchwegs einem und demselben Baume entnommen waren.

Die reinen Laubknospen der gemeinen Esche (*Fraxinus excelsior*) enthalten in der Trockensubstanz 0·32% Lecithin, die vollständig entwickelten Blätter hingegen in der Trockensubstanz 0·78% Lecithin.

Schon an der Hand der früher besprochenen Versuche mit *Beta vulgaris* und *Avena sativa* konnte gefolgert werden, dass das sich bildende Lecithinquantum sein Maximum in den Blättern bei voller Entwicklung der Assimilationsthätigkeit erreicht, vorausgesetzt, dass die Pallisadenzellen des Mesophylls reich mit Chlorophyllkörnern gefüllt sind. Mit der Abnahme des Chlorophylls und dem Hervortreten des in den Blättern bereits vorhandenen Xantophylls in alternden Blättern zersetzt sich das Lecithin und seine Menge geht rapid zurück.

Wir sehen auch, dass die Laubknospen nur die Hälfte des Lecithinquantums aufweisen, welches in den vollentwickelten Blättern enthalten ist.

Offenbar entwickelt und vermehrt sich das Lecithin mit der Bildung der Chlorophyllkörner in den Blättern.

Dass übrigens die Lecithinbildung thatsächlich von der Einwirkung des Sonnenlichtes und der Thätigkeit der Chlorophyllapparate bedingt ist, ersehen wir aus folgendem Versuche:

Von schön entwickelten Rübenexemplaren wurden im Juli um 4 Uhr Nachmittags und ein anderesmal um 4 Uhr Früh die Blätter abgeschnitten. In der reinen Blattsubstanz sowohl der Nachmittags, als auch der Früh abgeschnittenen Blätter, von welcher je 16—22 *g* abgewogen wurden, bestimmte ich in der Trockensubstanz das Lecithin und fand nach mehrfach wiederholten Versuchen um 4 Uhr Nachmittags 0·96—1·05% und um 4 Uhr Früh 0·60% bis 0·68% Lecithin vor.

Bemerkt sei noch, dass der ganze Versuch gleichmässig ausgeführt wurde.

Dieser Versuch beweist, dass das Auftreten des Lecithins im grünen beleuchteten Blatte mit der Kohlensäureassimilation in irgend welcher Beziehung steht, ja es ist sogar nicht die Möglichkeit ausgeschlossen, dass das Lecithin im Chlorophyllkorn selbst als Assimilationsproduct entsteht.

Von diesem Standpunkte aus interessirte mich die Frage, was mit dem Lecithin in verdunkelten Blättern geschieht?

Um diese Frage zu beantworten, wählte ich vor Allem gleich alte Sandculturen von *Avena sativa* zur Blüthezeit, als nämlich in den Blättern die Lecithinmenge ihr Maximum erreicht hatte. Sechs Gefässe wurden finster gestellt und sechs andere im Sonnenlichte belassen. Die Culturen wurden gleichmässig mit Nährstofflösung begossen, die Verdunkelung dauerte etwa 12 Tage.

Die Lecithinbestimmung in der Trockensubstanz der Blätter ergab folgendes Resultat:

Die verdunkelten gelblichen Blätter enthielten 0·36% Lecithin,
die grünen Blätter der Normalculturen . . . . . . 0·78% Lecithin.

Ein ähnlicher Versuch wurde mit Blättern der Weinrebe angestellt.

Versuche mit dem Weinstocke *Vitis vinifera.*

Ein Ast mit jungen, noch unentwickelten Blättern wurde in eine aus Blech angefertigte Dunkelkammer gebracht, der ganze übrige Theil des Weinstockes dagegen der Wirkung des Tageslichtes überlassen. Dieser Versuch wurde mit mehreren Weinstöcken einigemale wiederholt, die Verdunkelung währte jedesmal 10 Tage.

Die Trockensubstanz der grünen, nicht verdunkelten Blätter von annähernd gleicher Grösse enthielt 1·24% Lecithin, die Trockensubstanz der verdunkelten Blätter von demselben Stocke 0·47% Lecithin.

Diese Versuche zeigen wieder, dass bei Verdunkelung grüner Blätter Lecithin verschwindet.

Die zu untersuchenden Blätterproben wurden jedesmal um 4 Uhr Nachmittags beschafft.

Aus den vorangehenden Daten ist weiter ersichtlich, dass mit dem Aufhören der physiologischen Function der Blätter, mit dem Absterben des Assimilationsapparates, des Chlorophylls im Mesophyll und mit dem Hervortreten des in den Blättern bereits vorhandenen Xantophylls das Lecithin sozusagen völlig verschwindet.

Prüfen wir die Blätter auf die Menge des in denselben vorhandenen Lecithins, so finden wir, dass das grösste Quantum in der reinen Blattsubstanz,[1] der weitaus geringere Theil in der Nervatur und den Stielen enthalten ist.

So enthalten die Blätter der *Beta vulgaris*, und zwar:

die reine Blattsubstanz (Lamina)	1·05% Lecithin,
die Nervatur	0·62% Lecithin,
der Blattstiel	0·68% Lecithin.

Wahrscheinlich ist das Lecithin in den Chlorophyllkörnern, und zwar am reichlichsten in den Pallisadenzellen enthalten.

[1] Unter der »reinen Blattsubstanz« sind die der Nervatur behutsam entledigten Blätter zu verstehen.

Meine chemischen und physiologischen Beobachtungen über das Chlorophyll und seine Derivate bestärken mich in der Annahme, dass das Chlorophyll nichts anderes ist als Lecithin, wobei die fetten Säuren durch eine bestimmte Gruppe von Chlorophyllansäuren ersetzt erscheinen. Auf ähnliche Chlorophyllanverbindungen hat zuerst Hoppe-Seyler 1879—1881 in der »Zeitschrift für physiologische Chemie« (3. 340, 4. 193, 5. 75) aufmerksam gemacht. Er gewann ein krystallinisches Chlorophyllan, welches folgende Zusammensetzung hatte:

C = 73·345%,	P = 1·380%
H = 9·725	Mg = 0·340
N = 5·685	O = 9·525.

Obwohl ich beim Isoliren von Chlorophyllan dieselbe Methode anwandte wie Hoppe-Seyler, so ist es mir doch nicht geglückt, jene krystallinische Form zu erzielen, welche die Analyse Hoppe-Seyler's ergab. Die Versuche mit reinem sattgrünem Grase sind noch nicht beendet und das Isoliren von Chlorophyllan wird weiter fortgesetzt. Bemerken will ich nur, dass ich frisches, sowohl gepresstes (bei 250 Atmosphären), als auch ungepresstes Gras als Versuchsobject wählte.

Nachdem die Isolirung von krystallinischem Chlorophyllan nicht glücken wollte, setzte ich meine Versuche mit frischen, ungepressten Grasblättern fort — geradeso, als handelte es sich mir um die Gewinnung von reinem Lecithin.

Hiebei operirte ich wie folgt:

Frisches, reines Gras im Gewichte von circa 8 *kg* wurde zuerst, und zwar möglichst vollständig mit Äther und nachher mit absolutem Alkohol, und zwar bei 50—60° C. extrahirt. Gleich zu Beginn wurde behufs Neutralisirung der organischen Säuren etwas $CaCO_3$ zugesetzt. Die Alkoholextracte wurden im Vacuum bei 40—50° C. abgedampft und der Verdampfungsrückstand mittelst Äther digerirt. Die Ätherlösung wurde neuerdings abgedampft, der Verdampfungsrückstand in Alkohol aufgelöst, diese Lösung mit Wasser nach G. Kraus[1]

[1] G. Kraus, Zur Kenntniss der Chlorophyllfarbstoffe und ihrer Verwandten. Stuttgart, 1872.

verdünnt und mittelst Benzol das sogenannte Kraus'sche »Kyanophyll« abgeschieden. Der dunkelgrüne Extract wurde mit Benzol abgedampft, aufs Neue im Alkohol aufgelöst, mit Wasser verdünnt und mittelst Benzol neuerdings Kyanophyll abgeschieden. Diese Procedur erfuhr eine dreimalige Wiederholung und hatte den Zweck, womöglich das Xantophyll in der Alkohollösung abzuscheiden. Endlich wurde das dunkelgrüne Extract in Äther aufgelöst und mit Wasser, welchem Chlornatrium zugesetzt wurde, geschüttelt. Auf diese Weise vollzog sich sehr leicht die Absonderung der Ätherschichte von der Wasserschichte. Die reine Ätherlösung wurde abgedampft und mit absolutem Alkohol behandelt. Von unlöslicher Substanz erübrigte im Alkohol eine beträchtliche Menge. Durch Abkühlung sonderte sich aus der Alkohollösung ein compacter Niederschlag von metallischem Glanze und schwarzgrüner Färbung ab. Der Niederschlag wurde abermals in absolutem Alkohol aufgelöst, die so entstandene Lösung auf mehrere Glasschalen vertheilt und in Exsiccatoren über Schwefelsäure dem Krystallisationsprocesse ausgesetzt. Krystalle haben sich wohl keine gebildet, dafür aber Schollen von metallischem Glanze und schwarzgrüner Farbe, welche bei Annahme eines constanten Gewichtes alsogleich der Analyse unterzogen wurden. Die Analyse ergab, dass diese in Alkohol, Benzol und Äther bei schöner, sattgrüner Verfärbung lösliche Substanz 3·37% Phosphor enthält.

Der Theorie nach erfordert das Lecithin, je nachdem es das Radical der Öl-, Palmitin- oder Stearinsäure einschliesst, folgendes Phosphorquantum:

Dipalmityl—Lecithin .... 4·12%
Dioleyl—Lecithin .... 3·86%
Distearyl—Lecithin .... 3·84%.

Durch weitere Zersetzung mit $Ba(OH)_2$ nach Hoppe-Seyler's Methode wurde bewiesen, dass diese Substanz Cholin, Glycerinphosphorsäure und einige Chlorophyllangruppen enthält, deren genaue Bestimmung noch aussteht.

Diese mit dem Namen Chlorolecithin belegte Substanz unterscheidet sich, wie ersichtlich ist, von Hoppe-Seyler's Chlorophyllan durch ihren Phosphorgehalt. Chlorophyllan nach Hoppe-Seyler enthält 1·38%, Chlorolecithin dagegen 3·37% Phosphor.[1]

Richtig bemerkt L. Marchlevski in seiner ausgezeichneten Publication »Die Chemie des Chlorophylls«:

»Das Product dieser vermeintlichen Oxydation, das Chlorophyllan, ist nach Hoppe-Seyler als ein Lecithin zu betrachten, in welchem sich Glycerin und Cholin in Verbindung mit Phosphorsäure befinden, das Glycerin aber ausserdem (entweder allein oder zugleich mit fetten Säuren) mit Chlorophyllansäure verbunden ist. Daraus ginge hervor, dass das Studium der Chlorophyllfrage mit dem der Lecithine überhaupt eng verbunden ist und dass die Chlorophyllansäure, respective Phyllocyaninsäure oder schliesslich Phyllotaonin den färbenden Bestandtheil der Chlorophyllmoleküle ausmachen würde«.

Nach den Ergebnissen meiner gegenwärtigen fortgesetzten Beobachtungen besteht kein Zweifel mehr, dass die Entstehung des Chlorophylls mit dem Vorhandensein von Phosphor zusammenhängt. Ohne Phosphor kein Lecithin — und auch kein Chlorophyll!

Höchst belehrende Belege ergaben diesbezüglich die Vegetationsversuche, bei denen im Nährstoffmedium P_2O_5 ausgeschieden wurde. Trotz Vorhandenseins von Nitraten und allen übrigen Nährstoffen waren die Pflanzen dennoch unentwickelt und gelb, wie bereits eingangs dargelegt wurde.[2]

Der wichtige Befund Molisch's,[3] dass der Chlorophyllfarbstoff kein Eisen enthält und dass dieses mit der

---

[1] Über Chlorolecithin gedenke ich demnächst eine selbständige Arbeit zu veröffentlichen.

[2] O. Loew äussert sich (über die physiologischen Functionen der Phosphorsäure. Biolog. Centralblatt 1891): Die Vegetation der Phosphatalgen nahm einen viel grösseren Raum ein als die der Controlalgen, und das schöne Dunkelgrün der ersteren contrastirte sehr mit dem Gelblichgrün der letzteren (bei Abgang der P_2O_5).

[3] Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Von Prof. Dr. H. Molisch, Jena, 1892.

Intensität der grünen Farbe nichts gemein hat, gewinnt umsomehr an Interesse, da wir nunmehr zu der Erkenntniss gelangt sind, dass Phosphor ein Bestandtheil des Chlorophylls ist und dass ohne ihn die Entwicklung des Chlorophylls, respective die Entstehung der Chlorophyllkörner eine Unmöglichkeit ist.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass die Proben sämmtlicher Pflanzenbestandtheile als Vergleichsmaterial behufs Feststellung des Lecithingehaltes jedesmal um 4 Uhr Nachmittags entnommen wurden, zu welcher Zeit nämlich die Blätter das meiste Lecithin enthalten.

IV.

Über die Bedeutung des Lecithins in der Blüthe.

Schon die vorangehenden Darstellungen haben ergeben, dass die Blüthe lecithinreich ist und dass die Blüthenstiele als Leiter des Lecithins aus den Blättern in die Blüthe fungiren.

Was für eine Rolle spielt nun das Lecithin in der Blüthe bei der Befruchtung und Samenbildung?

Um diese Frage zu beantworten, wollen wir die Blüthe des Apfelbaumes *Pirus malus* von ihrer ersten Entwicklung an einer näheren Betrachtung unterziehen.

Pirus malus.

1.

Die Blüthenstiele zur Zeit der Blüthenknospen am 20. April enthalten in der Trockensubstanz . . . . 0·55% Lecithin.

Die Kronenblätter zur Zeit der Blüthenknospen enthalten in der Trockensubstanz . . . . 0·84% Lecithin.

2.

Die Blüthenstiele zur Zeit der vollen Blüthe am 10. Mai enthalten in der Trockensubstanz . . . . 0·62% Lecithin.

Die Kronenblätter zur Zeit der vollen Blüthe enthalten in der Trockensubstanz . . . . 0·86% Lecithin.

3.

Die Blüthenstiele zur Zeit des Blüthenabfalles nach der Befruchtung enthalten in der Trockensubstanz . . . . 0·58% Lecithin.
Die Kronenblätter zur Zeit des Blüthenabfalles nach der Befruchtung enthalten in der Trockensubstanz . . . . 0·22% Lecithin.

4.

Die Blüthenstiele am 28. Juli vor völliger Fruchtreife enthalten in der Trockensubstanz . . . . 0·32% Lecithin.
Die Blüthenstiele im Monate September nach der Fruchtreife enthalten in der Trockensubstanz . . . . 0·108% Lecithin.

Weitere analytische Belege gewann ich an der rothen Rose *Rosa centifolia:*

Die Kronenblätter enthielten in der Trockensubstanz im Stadium der völlig entwickelten Knospen . . . . 0·96% Lecithin.
Die abfallenden Kronenblätter enthielten in der Trockensubstanz zur Zeit der Scheinfrucht . . . . 0·31% Lecithin.

Interessant ist die Wahrnehmung, dass die Kronenblätter in der Trockensubstanz an Gesammt-P_2O_5 0·751% enthielten.

Im Stadium der völlig entwickelten Knospen sind daher in den Kronenblättern circa 11% der Gesammt-P_2O_5 in Form von Lecithin enthalten.

Die inneren Organe der entwickelten Blüthe.

Pirus malus.

Die Staubfäden enthalten in der Trockensubstanz . . . . 0·73% Lecithin.
Die Staubbeutel enthalten in der Trockensubstanz . . . . 2·99% Lecithin.

Die Pollenkörner enthalten in der Trockensubstanz[1] .... 5·86% Lecithin.

Beobachten wir nun die inneren Organe anderer Pflanzen:

Die Staubfäden der Rosskastanie *Aesculus hippocastanum* enthalten zur Zeit der ersten Blüthe-Entwickelung in der Trockensubstanz .... 0·62% Lecithin.

Die Staubbeutel enthalten in der Trockensubstanz .... 3·42% Lecithin.

Die Pollenkörner enthalten in der Trockensubstanz .... 5·16% Lecithin.

Beta vulgaris.

Die Pollenkörner enthalten in der Trockensubstanz .... 6·04% Lecithin.

Aus den Untersuchungen der Blüthenbestandtheile geht hervor, dass die Kronenblätter das meiste Lecithin vor der Befruchtung enthalten. Die Kronenblätter sind berufen, als Vorrathskammern des Lecithins bis zur Fruchtbildung zu dienen.

Nachdem die Fruchtbildung stattgefunden hat, verliert sich rapid das Lecithin aus den Kronenblättern.

Vom biologischen Standpunkte aus ist interessant, dass die Pollenkörner bis 6% Lecithin enthalten. (Bei unseren Analysen handelte es sich nur darum, bei dem Aufblühen der Blüthenknospen die Antheren und die Pollenkörner zu gewinnen).

Als erwiesene Thatsache gilt, dass die thierischen Spermatozoen nebst Lecithin auch Nukleine enthalten, und interessant ist es, dass Zacharias auch in den nämlichen Befruchtungsorganen der Pflanze Nuklein constatirte. Zacharias gelangt zu folgenden Resultaten:

»Vergleicht man die männlichen Sexualzellen mit den weiblichen zunächst bei den Farnen, so ergeben sich erhebliche

---

[1] Eine abgewogene Menge von 2—3 *g* wurde im Erlenmeyer'schen Kolben (mit Rückflusskühler) mit absolutem Äther und Alkohol extrahirt.

Verschiedenheiten, insbesondere in der Beschaffenheit des Zellkerns. Der Kern der männlichen Zelle (welcher das Zoosperm erzeugt) enthält keinen Nucleolus und besteht scheinbar aus einer homogenen, im Wesentlichen aus Nukleïn zusammengesetzten Masse. Der Kern der weiblichen Zelle hingegen besitzt grosse Nucleolen, während sich Nukleïn nicht in ihm nachweisen lässt, sondern ein Netzwerk oder Gerüst mit den Reactionen des Plastin«.

Dass ein geringer Nukleïngehalt für den Eikern dennoch wahrscheinlich ist, suchte Zacharias nachzuweisen. »An Masse steht der Spermakern (generative Kern) dem Eikern nach, hingegen scheint ersterer im Verhältnisse zum Zellprotoplasma mehr Masse zu besitzen, als der Eikern, besonders wenn man das hintere Bläschen des Spermatozoids, welches vor der Befruchtung abgeworfen wird, nicht berücksichtigt. Das Spermatozoid (Zoosperm) ist percentual viel reicher an Nukleïn als das Ei, und das befruchtete Ei muss percentual mehr Nukleïn enthalten als das unbefruchtete. — Das gleiche gilt auch für die Moose. — Bei den Gymnospermen kehren hinsichtlich der Kerne ähnliche Verhältnisse wieder. — Dasselbe traf bei den untersuchten Angiospermen zu, wenn auch hier die Differenzen von Spermakern und Eikern minder gross zu sein scheinen als bei den Farnen, Moosen und Gymnospermen«.

»Vergleicht man nun«, so schliesst Zacharias, »die Eizellen mit theilungsfähigen Gewebezellen, so fällt im Allgemeinen die Nukleïnarmuth der Eizellen auf. Es würde demnach die Vermuthung naheliegen, dass die Eizelle ohne Befruchtung sich desshalb nicht weiter entwickeln kann, weil sie zu nukleïnarm ist, und dass ferner die thatsächlich beobachtete Vermehrung des Nukleïngehaltes durch das eindringende männliche Element die Eizelle in den Stand setzt, sich zum Embryo auszubilden.

Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung thierischer Spermatozoen ergaben einen auffallend hohen Lecithingehalt.

So constatirte Miescher in 100 Gewichtstheilen organischer Stoffe des reinen Lachssperma 48·68% Nukleïn und 7·47% Lecithin.

Aus meinen Analysen folgt, dass auch den männlichen Geschlechtszellen höherer Phanerogamen ein sehr grosser Lecithingehalt zukommt, womit eine neue chemische Ähnlichkeit zwischen thierischen und pflanzlichen Zellen zum Vorschein kommt.

Natürlicherweise drängt sich uns nun die Frage auf, woher denn das Lecithin in der Blüthe seinen Ursprung hat? Schon die Analyse der Blüthenstiele hat dargethan, dass das Lecithin in der Blüthe von ihrer ersten Entwicklung an bis zur Zeit der Fruchtreife sehr rege circulirt. Es ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass das in den grünen Blättern vorhandene Lecithin auch nach der Blüthe hin circulirt und die wesentlichen Bestandtheile derselben Kronenblätter, Staubgefässe und Fruchtknoten anfüllt. Namentlich im Stadium der Fruchtreife verliert sich das Lecithin rapid aus den Blättern und übersiedelt in die Samen, wo es sich zumeist in ganz veränderten Formen ablagert.

Damit ist jedoch keineswegs gesagt, dass ich die grünen Blätter gewissermassen nur als Producenten des Lecithins betrachten würde; wie aus den Forschungen über die Vitalprocesse der Hyphomyceten, Bakterien u. A. hervorgeht, kann die lebendige Zelle Lecithin auch ohne Chlorophyll reproduciren.

Zusammenfassung der Resultate nebst Schlussbetrachtungen.

Was zunächst das Vorkommen des Lecithins in der Pflanze anbelangt, so ergaben zahlreiche Analysen für die verschiedenen Organe Folgendes:

I. Wurzel.

Einjährige Pflanzen enthalten in ihrer Wurzel sehr wenig Lecithin, sein Quantum beträgt maximal 0·3%. Nach beendeter Vegetation sinkt diese Menge auf 0·1%.

In den Wurzeln zweijähriger oder perennirender Pflanzen ist zu Ende der Vegetationszeit stets eine grössere Lecithinmenge vorhanden, welche eine beachtenswerthe Reservesubstanz zur Bildung neuer Zellen darstellt.

II. Stamm.

Der Stengel enthält 0·3—0·4% Lecithin. Nach der Fruchtreife geht dieses Quantum ungemein rasch zurück, so dass es bei einjährigen Pflanzen in dieser Periode höchstens 0·1% beträgt.

III. Blätter.

In den Blättern ist stets eine grössere Menge Lecithin vorhanden. Nach stattgefundener Befruchtung und während der Fruchtbildung schwindet das Lecithin aus den Blättern, zumal wenn diese zu vergilben beginnen und der gelbe Blattfarbstoff in Erscheinung tritt. Die reine Blattsubstanz ist unter allen Pflanzenbestandtheilen mit Ausnahme der Anthera sammt den Pollenkörnern zur Zeit der Blüthe an Lecithin am reichsten. Es enthalten die Blätter an Gesammt-P_2O_5 bis 40% in Form von Lecithin.

Da ich beobachten konnte, dass mit der Entstehung und Zerstörung des Chlorophyllfarbstoffes auch die Entstehung und Zerstörung des Lecithins parallel geht, und da ich es ferner für höchstwahrscheinlich annehmen konnte, dass der Chlorophyllfarbstoff eine dem Lecithin entsprechende Phosphormenge enthält, so bin ich der Meinung, dass das Chlorophyll selbst ein Lecithin ist.

IV. Blüthe.

Aus den Untersuchungen der Blüthenbestandtheile geht hervor, dass die Blumenblätter das meiste Lecithin im Stadium völliger Knospenentwicklung enthalten; nach der Befruchtung und zur Zeit der Fruchtbildung nimmt das Lecithin ab.

Die männlichen Geschlechtsorgane, Staubfäden und die Anthera mit den Pollenkörnern sind die lecithinreichsten Bestandtheile der Blüthe.

Das lecithinreichste Organ der ganzen Pflanze aber ist entschieden das Pollenkorn; das in demselben enthaltene Lecithinquantum erreicht bis 6%! Diese Thatsache verdient umsomehr Beachtung, als man

auch im Sperma höherer Thiere einen auffallend hohen Gehalt an Lecithin aufgefunden hat.

Wenn wir den Lecithinprocess der Phanerogamen in der Pflanze von der Keimung angefangen bis zur völligen Entwicklung verfolgen, so finden wir, dass sich das Lecithin bis zur Zeit der Befruchtung in sämmtlichen Organen ansammelt, zur Zeit der Fruchtbildung aber zu schwinden beginnt, um sich schliesslich im Samen in Form anderer phosphorhältiger und wahrscheinlich ausschliesslich organischer Verbindungen abzusetzen.

Dass neben Lecithin, Nukleïn und Nukleoalbumin auch bisher unbekannte organische stickstoffhältige und phosphorreiche Substanzen existiren, ist sehr wahrscheinlich.[1]

Es wurde constatirt, dass das Lecithinquantum in der ganzen Pflanze zur Zeit der Blüthe ein viel grösseres ist, als nach der Entwicklung und Reife der Früchte. Ferner dass das Lecithin in der Pflanze circulirt und zur Bildung neuer Pflanzensubstanz disponibel gemacht wird.

Dafür, dass das Lecithin thatsächlich in der Pflanze circulirt, liefert unter Anderem auch einen Beleg der Blutungssaft der Birke im Monate April.

In 1000 cm^3 Blutungssaft waren 9·3 *g* Trockensubstanz enthalten, welche wieder 0·105 *g* Lecithin enthielt. Das Lecithin, dieser treue Begleiter der Eiweissstoffe, geht bei Eintritt der Samenreife aus den übrigen Pflanzenorganen in den Samen über, dient zu dessen Ausbildung oder wandert bei zweijährigen und perrenirenden Pflanzen in deren Wurzel und Stamm.

Es sei mir erlaubt an dieser Stelle dem Herrn Prof. Dr. H. Molisch für die Rathschläge, die er mir während meiner Arbeit ertheilt hat, meinen tiefsten Dank auszusprechen.

---

[1] In letzter Zeit veröffentlichte E. Schulze und E. Winterstein: »Über einen phosphorhaltigen Bestandtheil der Samen von *Sinapis nigra* (Zeitschrift für physiol. Chemie, 1896).«